



(19)

(11) Publication number: **06224202 A**

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN(21) Application number: **05009025**(51) Intl. Cl.: **H01L 21/321 C25D 5/08 H01L 21/288**(22) Application date: **22.01.93**

(30) Priority:

(43) Date of application
publication: **12.08.94**(84) Designated contracting
states:(71) Applicant: **OKI ELECTRIC IND CO LTD**(72) Inventor: **MATSUMURA KAZUO**

(74) Representative:

**(54) DEVICE FOR PLATING
BUMP ELECTRODE OF
SEMICONDUCTOR WAFER**

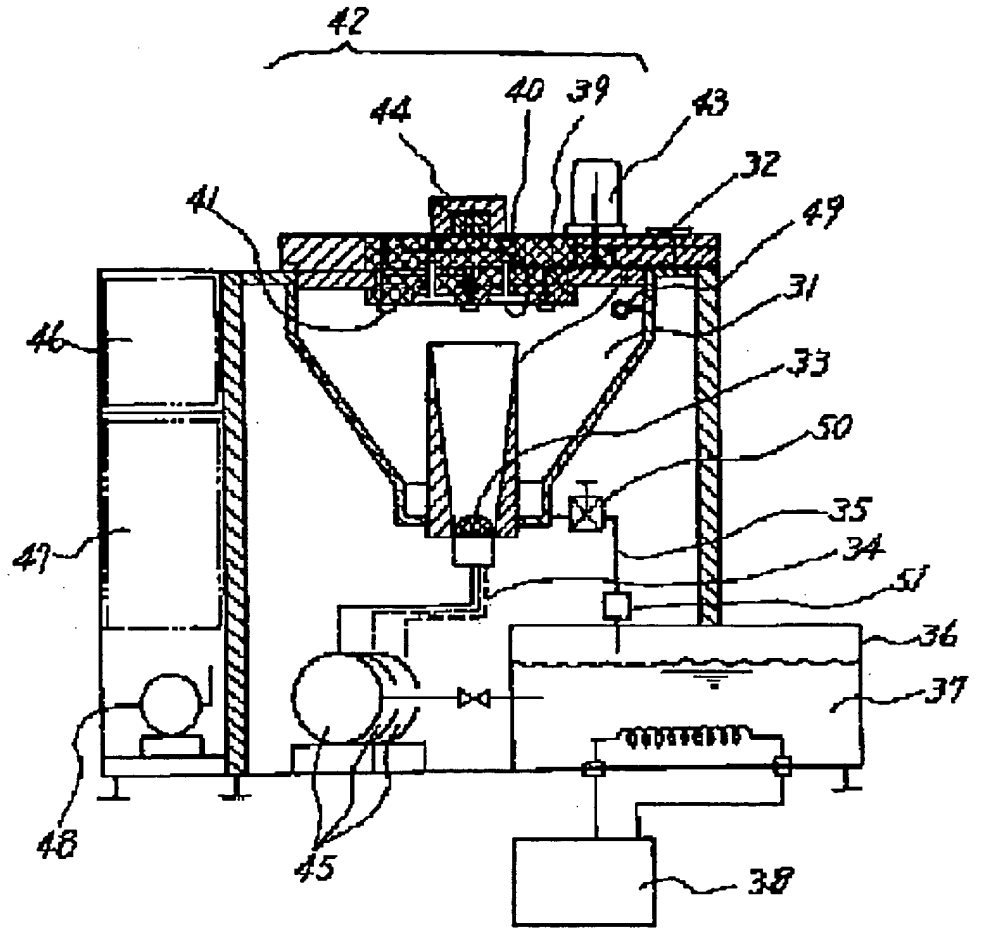
(57) Abstract:

PURPOSE: To suppress the plating shape inferiority of a semiconductor wafer by making a jet nozzle, put in a plating vessel, rectangular, and dividing the interior, and providing each with an anode electrode, and connecting a wave guide tube for plating to the inflow port of each nozzle divided.

CONSTITUTION: A plating vessel 31 and a jet nozzle 32 are rectangular, and even in a semiconductor with a large bore, the jet of plating liquid contacts uniformly with the inside of the semiconductor wafer. Moreover, the oblong jet nozzle 32 is divided into plural, and each is provided with an anode electrode 33. The number of pumps 45 for circulation jet is equal to that of the divided jet nozzles 32. The level by this pump for circulation jet is always detected by a liquid level

detector 49 and is controlled by the group of pumps 35 for circulation. Hereby, plating liquid can always contact uniformly with the semiconductor wafer being an plated object.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-224202

(43)公開日 平成6年(1994)8月12日

(51)Int.Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/321

C 2 5 D 5/08

H 0 1 L 21/288

E 7376-4M

9168-4M

H 0 1 L 21/ 92

F

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平5-9025

(22)出願日 平成5年(1993)1月22日

(71)出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72)発明者 松村 和夫

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気
工業株式会社内

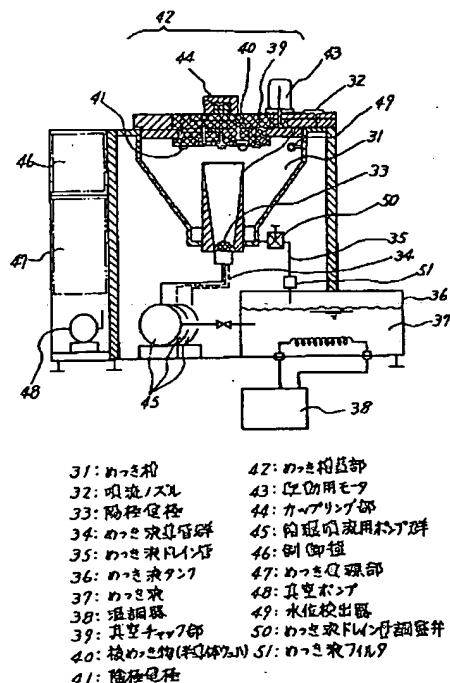
(74)代理人 弁理士 清水 守 (外2名)

(54)【発明の名称】 半導体ウエハのポンプ電極めっき装置

(57)【要約】

【目的】 半導体ウエハの口径の大小にかかわらず、めっき槽 (カップ) の交換をしなくてすみ、めっき液が被めっき物である半導体ウエハに均一に噴流し接するとともに、めっき液温度のバラツキを補正し、しかも半導体ウエハを回転させるようにし、生産性を向上させるとともに、半導体ウエハのめっき形状不良を抑え、チップ良品率を向上させることができる半導体ウエハのポンプ電極めっき装置を提供する。

【構成】 めっき槽31と、該めっき槽31の中に置かれた噴流ノズル32と、該めっき槽31に半導体ウエハ40をセットし、めっき液を噴流させて半導体ウエハ40にポンプ電極を形成するめっき装置において、噴流ノズル32を長方形に形成し、その内部を複数に分割し、それぞれに陽極電極33を配置し、その分割された各ノズルの流入口にめっき液導管34が接続され、該めっき液導管34に接続されるとともにめっき液を噴流させる循環噴流用ポンプ群45を具備する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 めっき槽と、該めっき槽の中に置かれた噴流ノズルと、前記めっき槽に半導体ウエハをセットし、めっき液を噴流させて半導体ウエハにパンプ電極を形成するめっき装置において、

前記噴流ノズルを長方形に形成し、その内部を複数に分割し、それぞれに陽極電極を配置し、該分割された各ノズルの流入口にめっき液導管が接続され、該めっき液導管に接続されるとともに、めっき液を噴流させる複数台の循環ポンプを具備することを特徴とする半導体ウエハのパンプ電極めっき装置。

【請求項2】 前記めっき槽内に噴流液面を検出する液面検出装置を設け、前記循環ポンプ及びめっき液ドレイン量調整弁を制御することを特徴とする請求項1記載の半導体ウエハのパンプ電極めっき装置。

【請求項3】 前記めっき槽内の複数の噴流ノズルにそれぞれ温度センサを備え、それらの温度センサから得られる温度を比較し、その温度差により噴流を制御する装置を設けたことを特徴とする請求項1記載の半導体ウエハのパンプ電極めっき装置。

【請求項4】 前記半導体ウエハの大口径、小口径にかかわらず、吸着可能とした2系統の吸引部により構成された真空チャックを備えたことを特徴とする請求項1記載の半導体ウエハのパンプ電極めっき装置。

【請求項5】 前記めっき槽の蓋部に前記半導体ウエハを保持する真空チャックを設け、該蓋部を回転又は水平移動させる機構を設けたことを特徴とする請求項1記載の半導体ウエハのパンプ電極めっき装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体ウエハのパンプ電極めっき装置に係り、特に大口径半導体ウエハのパンプ電極形成のめっき装置の構造に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、このような分野の技術としては、例えば、特公昭56-5318号公報、実開昭64-10072号公報に開示されるものがあった。図9はかかる従来の半導体ウエハのパンプ電極めっき装置の構成図であり、図9(a)はその半導体ウエハのパンプ電極めっきシステムの概略図、図9(b)はその半導体ウエハのパンプ電極めっき装置の断面図、図9(c)はその半導体ウエハのパンプ電極めっき装置のめっき槽の平面図である。

【0003】 図において、めっき液貯溜槽5はめっき槽3より高い位置にあり、それらの底部が管6によって互に連通している。容器4の底部及びめっき液貯溜槽5の底部7はそれぞれ管8もしくは9によってタンク1に接続し、タンク1とめっき液貯溜槽5は管10によりポンプ2を介して接続されている。めっき槽3は半導体ウエハを水平に設置するためその軸線は垂直に設けられ、下

部が管部11になっており、この管部11の下端は管6に連通する共通の導管12に接続されている。なお、16は押え、17はノズル、18は弾性材、19は板ばね、20は空気管、21は空気通路である。

【0004】 めっき槽3の内部の管部11の上端にはメッシュ状の陽極13が設けられ、めっき槽3は通常は円形であってその頂部には等間隔に離れた複数個の突出部14が一体に設けられている。これら突出部14の内周面には同一高さの段部15があり、そこに被めっき物である半導体ウエハ30がセットされる。このように、めっき槽3のカップは被めっき物である半導体ウエハ30のサイズ(口径)に合致したものである。また、半導体ウエハを真空チャックするチャックサイズも口径に合致したものである。

【0005】 更に、めっき槽内にめっき液を吐出する噴流ノズルは、めっき槽に1個設置された構造である。めっき槽内に噴流吐出しためっき液の流量は、固定であり、また、めっき液面の確認は、めっき槽の蓋を取って、目視確認をする。更に、従来装置は、めっき液温度調節はめっき液タンクにおいて行うものが主流であった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記した従来のめっき装置では、半導体ウエハの口径が異なる場合、めっき槽のカップをその口径に合致したものと交換しないと、めっき装置は被めっき物である半導体ウエハに合致せず、使用できなかった。また、交換して、大口径の半導体ウエハにめっき処理しようとしても、めっき液を吐出する噴流ノズルが1個のために、半導体ウエハに噴流するめっき液量は、時に半導体ウエハ口径が大きくなると、バラツキを持って半導体ウエハに接していた。更に、その半導体ウエハは、パネまたは真空チャックで固定され、めっき槽との位置関係も固定であった。また、めっき速度に効くめっき液の温度調節は、めっき液タンクで行われ、循環し、噴流ノズルより半導体ウエハに達しているが、配管系にて温度損失があった。

【0007】 このように、被めっき物の半導体ウエハの口径により、カップを交換する手間が掛かり、めっき装置全体に20~25セットが装備されていると、その手間は数時間に及ぶ。また、噴流ノズルから吐出するめっき液の半導体ウエハに接する量のバラツキは、めっき速度のバラツキとなり、半導体ウエハに形成しようとするパンプ電極の高さ、大きさのバラツキ、及び形状の不良を引き起こす原因となる。

【0008】 更に、めっき速度に効くめっき液温度の低下、及び半導体ウエハ面内での温度バラツキは、同様な不良を引き起こす原因となる。したがって、めっき不良による半導体ウエハのチップ良品率の低下が著しく、また、めっき形状不良のチップを選別したりするのにも手間が掛かる。更に、不良チップが全て選別できるとは限

らず、この選別ミスが組立不具合の発生を招く恐れがあった。

【0009】本発明は、以上述べた問題点を除去するために、半導体ウエハの口径の大小にかかわらず、めっき槽（カップ）の交換を行わずに、めっき液が被めっき物である半導体ウエハに均一に噴流し接するとともに、めっき液温度のバラツキを補正し、しかも半導体ウエハを回転させるようにし、生産性を向上させるとともに、半導体ウエハのめっき形状不良を抑え、チップ良品率を向上させることができる半導体ウエハのバンプ電極めっき装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために、めっき槽と、該めっき槽の中に置かれた噴流ノズルと、前記めっき槽に半導体ウエハをセットし、めっき液を噴流させて半導体ウエハにバンプ電極を形成するめっき装置において、前記噴流ノズルを長方形に形成し、その内部を複数に分割し、それぞれに陽極電極を配置し、該分割された各ノズルの流入口にめっき液導管が接続され、該めっき液導管に接続されるとともに、めっき液を噴流させる複数台の循環ポンプを設けるようにしたものである。

【0011】

【作用】本発明によれば、めっき槽及び該めっき槽の中に置かれた噴流ノズルは長方形であり、その内部を分割し、それぞれに陽極電極を設け、該分割された各ノズルの流入口にめっき液導管が接続され、該めっき液導管に接続されるとともに、めっき液を噴流させる複数台の循環ポンプを配置する。

【0012】したがって、本発明の半導体ウエハのバンプ電極めっき装置は、めっき槽に設けた噴流ノズルは長方形であり、大口径又は小口径半導体ウエハをセットできるため、従来のように、導体ウエハのサイズに応じてめっき槽（カップ）の交換の手間がかからない。また、めっき槽内に噴流液面を検出する液面検出装置を設け、前記循環ポンプ及びめっき液ドレイン量調整弁を制御するように構成したので、めっき液は常に被めっき物である半導体ウエハに均一に接することができる。

【0013】更に、めっき槽内の複数の噴流ノズルにそれぞれ温度センサを備え、それらの温度センサから得られる温度を比較し、その温度差により噴流を制御する装置を設けるようにしたので、めっき液の温度を測温し、各噴流ノズルから噴流するめっき液の温度差にみあって、噴流を制御することにより、半導体ウエハに析出するめっき量は、半導体ウエハ面内において均一となり、めっきの高さ、大きさのバラツキがなくなる。

【0014】また、半導体ウエハの大口径、小口径にかかわらず、吸着可能とした2系統の吸引部により構成された真空チャックを備えるようにしたので、簡単な構成で、容易に半導体ウエハの大口径、小口径の両方の処理

ができる。更に、めっき槽の蓋部に半導体ウエハを保持する真空チャックを設け、該蓋部を回転又は水平移動させる機構を設けようとしたので、真空チャックに吸引された半導体ウエハは、連続あるいは間欠的に回転、又は水平方向に移動させることができ、めっき中に発生する気泡を振り切ることができ、気泡が妨げとなって発生するめっきの形状不良をなくすることができる。

【0015】

【実施例】以下、本発明の実施例について図を参照しながら詳細に説明する。図1は本発明の第1の実施例を示す半導体ウエハのバンプ電極めっき装置の縦断面（図2のY-Y線に沿った断面）図である。図中、31はめっき槽、32は噴流ノズル、33は陽極電極、34はめっき液導管群、35はめっき液ドレイン管、36はめっき液タンク、37はめっき液、38は温調器、39は真空チャック部、40は被めっき物である半導体ウエハ、41は陰極電極、42はめっき槽蓋部、43は駆動用モータ、44はカップリング部、45は循環噴流用ポンプ群、46は制御盤、47はめっき電源部、48は真空ポンプ、49は液面検出器、50はめっき液ドレイン量調整弁、51はめっき液フィルタである。

【0016】図2は本発明の第1の実施例を示す半導体ウエハのバンプ電極めっき装置のめっき槽及び噴流ノズルを示す上面図であり、40aは大口径半導体ウエハ、40bは小口径半導体ウエハが、真空チャック部39に吸着されて、めっき槽31上に配置した図である。図3は本発明の第1の実施例を示す半導体ウエハのバンプ電極めっき装置のめっき槽の断面（図2のX-X線に沿った断面）図であり、34はめっき液導管群であり、各めっき液導管34a、34b、34cは複数個設けた循環噴流用ポンプ数と同数設けられている。

【0017】図4は本発明の第1の実施例を示す半導体ウエハのバンプ電極めっき装置のめっき槽の蓋部の断面図であり、43は駆動用モータ、43aは歯車、43bは軸受ボール、52は回転軸、53は真空吸引系カップリング、54は陰極電源系カップリング、55は外部端子群（53aは配管系の端子、54aは電源系の端子）、56は蓋駆動用シリンダ、57は緩衝材である。

【0018】このように構成されたバンプ電極めっき装置で、半導体ウエハ40をめっきする場合は、この半導体ウエハ40の被めっき面の裏が、めっき槽の蓋駆動用シリンダ56を動作させて、開けた蓋の真空チャック部39に吸着するようにセットする。この時、尖った陰極電極41を半導体ウエハ40の表面に移動させて、押し込んで、ホトレジストを破り、導通が得られる。陰極電極41が導通したか否かを確認後、蓋駆動用シリンダ56を動作させて、めっき槽31の蓋を開め、図1に示すめっき電源部47と循環噴流用ポンプ群45の駆動電源をONにする。

【0019】すると、めっき液37は真空ポンプ48の

5

循環作用によりめっき液導管群34を通して、半導体ウエハ40に向かって噴流する状態で流れる。また、陽極電極33と陰極電極41を介して、被めっき物である半導体ウエハ40との間に電源が印加されると電気めっきが始まる。また、このめっき装置は、図2及び図4に示すように、被めっき物である半導体ウエハ40は、大口径半導体ウエハ40aの場合（例えば、6インチ、あるいは8インチ）、及び小口径半導体ウエハ40bの場合（例えば、4インチ）と、めっき槽（カップ）31を交換することなく、真空チャック部39にセットすることができ、陰極電極41の導通は、半導体ウエハ40表面のホトレジストに尖った電極を食い込ませるので、その状態が容易に確認できる。

【0020】図2乃至図4に示すように、めっき槽31及び噴流ノズル32は長方形であり、大口径半導体ウエハにおいても、めっき液の噴流は半導体ウエハ40面内に均一に接する。また、長方形の噴流ノズル32を複数に分割し、それぞれに陽極電極33が設けられているので、陰極電極41を介して半導体ウエハ40との間に印加される電源は、半導体ウエハ40の外周においても均一であり、被めっき面上の全域でのめっき析出速度がバラツキを持つことはない。

【0021】循環噴流用ポンプ群45は噴流ノズル32の分割数と同数の複数個を有している。この循環噴流用ポンプによる噴流液面は、常に液面検出器49によって検出されて、循環噴流用ポンプ群45により制御される。また、同様に、めっき液ドレイン量調整弁50を制御して、噴流液面は半導体ウエハ40に均一に接する。図4に示すように、半導体ウエハ40を真空吸着している真空チャック部39は、駆動用モータ43により歯車43aを介して、回転軸52を軸として長方形の噴流ノズル32に対向して回転する。連続あるいは間欠的に回転させることにより、半導体ウエハ40の表面に付着するめっき析出の妨害となる気泡を振り切って、常にめっき中は気泡が付着しない状態を保つようにする。

【0022】これらにより、半導体ウエハ40に均一に噴流液面が接する。半導体ウエハ40が、連続あるいは間欠的に回転することにより、気泡が除かれ、めっきの高さ、大きさ及び形状不良を減らすことができるとともに、チップ良品率を向上させることができる。また、め

【0023】更に、場合によっては、めっき工程の終了後、外観検査を全チップ、全パンプ電極に対して行わなくても済むことになるので、外観検査も省けることになる。図5は本発明の第2の実施例を示す半導体ウエハのパンプ電極めっき装置のシステム概略図である。この図において、図1と同じ部分については、同一符号を付しその説明を省略する。以下、図6、図7、図8も同様である。

6

【0024】図5に示す第2の実施例の構造と図1に示す第1の実施例の構造と異なる点は、第2の実施例において、複数の噴流ノズル32内方に温度センサ104を有することである。その温度センサ104はめっき液の温度をそれぞれに検知し、噴流するめっき液の温度差により、噴流を制御しようとするものである。すなわち、この第2の実施例の半導体ウエハのパンプ電極めっき装置は、噴流用調整弁101、めっき液流切換弁102、停止弁103、温度センサ104、制御器105、温度センサ情報系106、弁調整用情報系107、ポンプ回転調整系108を具備し、パンプ電極めっきの析出速度に影響を及ぼすめっき液温度が、各噴流ノズル32で検知でき、その温度情報は、温度センサ情報系106を介して、制御器105に送る。この制御器105では温度差により、弁調整用情報系107で噴流用調整弁101を調整し、噴流ノズル32より噴流するめっき液が被めっき物の半導体ウエハ40に接する量を変化させる。

【0025】また、制御器105の別系統の情報であるポンプ回転調整系108を介して、循環噴流用ポンプ群45のそれぞれのポンプの回転数調整を行い、半導体ウエハ40に接するめっき液の温度差が面内で均一でないとしても、めっき液の噴流量及びポンプ回転にみあった噴流速度によって、半導体ウエハ40のめっき析出速度が、半導体ウエハ40の面内、または複数枚セットした場合でも、バラツキを最小限として、パンプ電極めっきの高さ及び大きさのバラツキを無くし、チップ良品率を向上させる。

【0026】図6は本発明の第2の実施例を示す半導体ウエハのパンプ電極めっき装置の噴流ノズル部を表す断面図、図7はその半導体ウエハのパンプ電極めっき装置のめっき装置の蓋部を表す平面図である。これらの図において、61は蓋部開閉用シリンダ、62はリンク、62bは偏心ブリー、63はモータ、64は摺動レールである。

【0027】ここで、偏心ブリー62bを駆動させることにより、蓋部60は半導体ウエハ40を吸着した状態で水平方向に移動させることができる。図8は本発明の第2の実施例を示す半導体ウエハのパンプ電極めっき装置の真空チャック部の拡大図である。ここでは、大口径半導体ウエハ及び小口径半導体ウエハを容易に吸着可能とする2系統の吸引部より合成された真空チャックの一実施例である。

【0028】Aは吸引切換パンプ群であり、それぞれのパンプの切換により、大口径半導体ウエハ（1枚の場合）又は小口径半導体ウエハ（2枚の場合）の吸着ができる。なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づき種々の変形が可能であり、それらを本発明の範囲から排除するものではない。

【0029】

50 【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明に

よれば、次のような効果を奏することができる。

(1) 半導体ウエハのバンプ電極めっき装置は、めっき槽に設けた噴流ノズルは長方形であり、大口径又は小口径半導体ウエハをセットできるため、従来のように、半導体ウエハのサイズに応じてめっき槽（カップ）の交換を行う必要がないので、その分手間がかからない。

【0030】(2) 複数台の循環噴流用ポンプとめっき液の噴流液面を検出する液面検出器を設け、循環噴流用ポンプ及びめっき液ドレイン量調整弁を制御するように構成したので、めっき液は常に被めっき物である半導体ウエハに均一に接することができる。

(3) めっき槽内の複数の噴流ノズルにそれぞれ温度センサを備え、それらの温度センサから得られる温度を比較し、その温度差により噴流を制御する装置を設けるようにしたので、めっき液の温度を測温し、各噴流ノズルから噴流するめっき液の温度差にみあって、噴流を制御することにより、半導体ウエハに析出するめっき量は、半導体ウエハ面内において均一となり、めっきの高さ、大きさのバラツキがなくなる。

【0031】(4) また、半導体ウエハの大口径、小口径にかかわらず、吸着可能とした2系統の吸引部により構成された真空チャックを備えるようにしたので、簡単な構成で、容易に半導体ウエハの大口径、小口径の両方の処理ができる。

(5) 更に、めっき槽の蓋部に半導体ウエハを保持する真空チャックを設け、該蓋部を回転又は水平移動させる機構を設けようとしたので、真空チャックに吸引された半導体ウエハは、連続あるいは間欠的に回転、又は水平方向に移動させることができ、めっき中に発生する気泡を振り切ることができ、気泡が妨げとなって発生するめっきの形状不良をなくすることができる。

【0032】また、めっき形状不良のチップ混在による組立工程での組立不良も減少する。更に、場合によっては、めっき工程の終了後、外観検査を全チップ、全バンプ電極に対して行わなくても済むことになるので、外観検査の手間を省くことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例を示す半導体ウエハのバンプ電極めっき装置の縦断面図である。

【図2】本発明の第1の実施例を示す半導体ウエハのバンプ電極めっき装置のめっき槽及び噴流ノズルを示す上面図である。

【図3】本発明の第1の実施例を示す半導体ウエハのバンプ電極めっき装置のめっき槽の断面図である。

【図4】本発明の第1の実施例を示す半導体ウエハのバンプ電極めっき装置のめっき槽の蓋部の断面図である。

【図5】本発明の第2の実施例を示す半導体ウエハのバンプ電極めっき装置のシステム概略図である。

【図6】本発明の第2の実施例を示す半導体ウエハのバンプ電極めっき装置の噴流ノズル部を表す断面図であ

る。

【図7】本発明の第2の実施例を示す半導体ウエハのバンプ電極めっき装置の蓋部を表す平面図である。

【図8】本発明の第2の実施例を示す半導体ウエハのバンプ電極めっき装置の真空チャック部の拡大図である。

【図9】従来の半導体ウエハのバンプ電極めっき装置の構成図である。

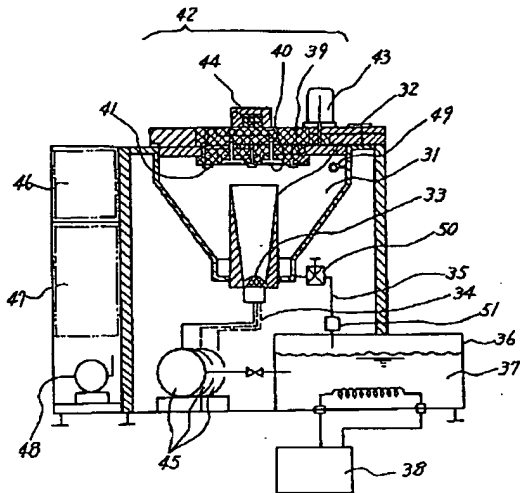
【符号の説明】

- 31 めっき槽
- 32 噴流ノズル
- 33 陽極電極
- 34, 34 a, 34 b, 34 c めっき液導管群
- 35 めっき液ドレイン管
- 36 めっき液タンク
- 37 めっき液
- 38 温調器
- 39 真空チャック部
- 40 被めっき物（半導体ウエハ）
- 40 a 大口径半導体ウエハ
- 40 b 小口径半導体ウエハ
- 41 陰極電極
- 42 めっき槽蓋部
- 43 駆動用モータ
- 43 a 歯車
- 43 b 軸受ボール
- 44 カップリング部
- 45 循環噴流用ポンプ群
- 46 制御盤
- 47 めっき電源部
- 48 真空ポンプ
- 49 液面検出器
- 50 めっき液ドレイン量調整弁
- 51 めっき液フィルタ
- 52 回転軸
- 53 真空吸引系カップリング
- 53 a 配管系の端子
- 54 陰極電源系カップリング
- 54 a 電源系の端子
- 55 外部端子群
- 56 蓋駆動用シリンダ
- 57 緩衝材
- 60 蓋部
- 61 蓋部開閉用シリンダ
- 62 リンク
- 62 b 偏心プーリー
- 63 モータ
- 64 摺動レール
- 101 噴流用調整弁
- 102 めっき液流切換弁
- 103 停止弁

104 温度センサ
105 制御器
106 温度センサ情報系

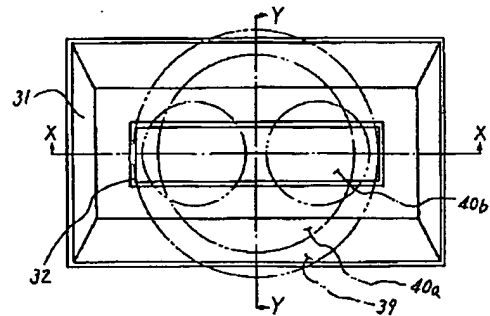
107 弁調整用情報系
108 ポンプ回転調整系

【図1】

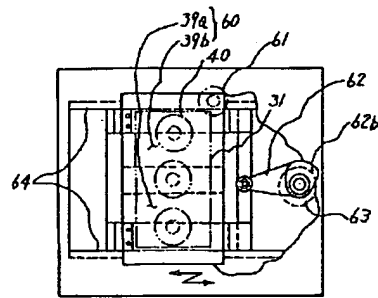


31: めっき槽
32: 噴流ノズル
33: 陽極電極
34: めっき液供給管群
35: めっき液ライン管
36: めっき液タンク
37: めっき液
38: 温度調整器
39: 真空チャック部
40: 被めっき物(半導体等)
41: 陰極電極
42: めっき槽蓋部
43: 駆動用モータ
44: カップリング部
45: 循環吸流用ポンプ群
46: 制御盤
47: めっき電源部
48: 真空ポンプ
49: 水位検出器
50: めっき液ライン管調整弁
51: めっき液フィルタ

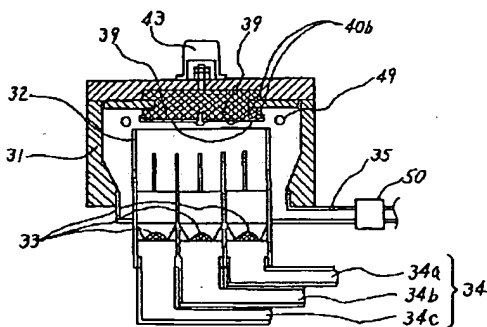
【図2】



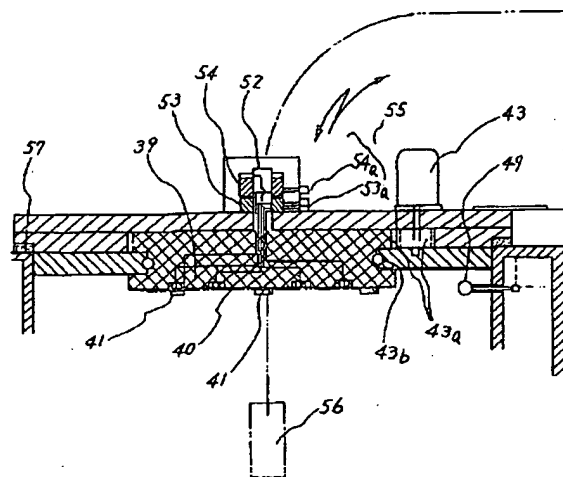
【図7】



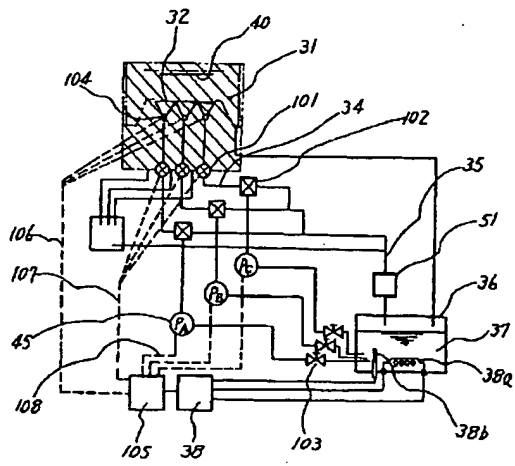
【図3】



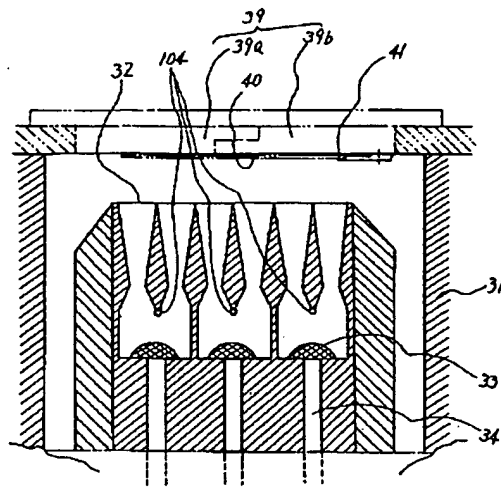
【図4】



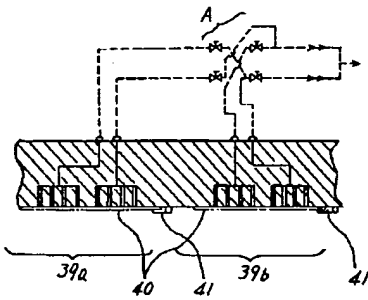
【図5】



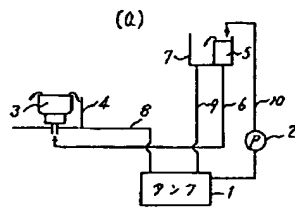
【図6】



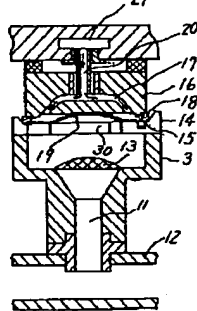
【図8】



【図9】



(b)



(c)

